

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-307173

(43)Date of publication of application : 22.10.2002

(51)Int.Cl.

B23K 20/12
C25C 1/16
C25C 7/02
// B23K101:38
B23K103:10

(21)Application number : 2000-134408

(71)Applicant : NIPPON LIGHT METAL CO LTD

AKITA SEIREN KK

DOWA MINING CO LTD

(22)Date of filing : 08.05.2000

(72)Inventor : HORI HISASHI

MAKITA SHINYA

KUMAI MASAOKI

MAEDOMARI HARUJI

ISHIZU YUKIRO

TOGASHI RINTARO

FUKUDA KENSAKU

(54) METHOD OF MANUFACTURING STRUCTURE FOR ELECTRICAL CONDUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the need for using filler metals to degrade electric conductivity and to maintain the good electric conductivity, strength and corrosion resistance even after joining.

SOLUTION: Aluminum alloy members of the electric conductivity $\geq 55\%$ are friction agitation joining to different materials or analogous materials and these materials are assembled to the structure for conduction of the required shape. As the aluminum alloy members of the electric conductivity $\geq 55\%$, the aluminum alloys of a 1,000 system are used for the areas where the strength is not required and the precipitation hardening type aluminum alloys are used for the areas where the strength is required. When the precipitation hardening type aluminum alloys are subjected to the friction agitation joining, the strength is preferably imparted thereto by aging treatment after the friction agitation joining. The members are preferably cooled at a rate of $\geq 20^\circ\text{C}/\text{minute}$ in a temperature region of 400 to 300°C in the temperatures falling process after the friction agitation joining.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.01.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3720240

[Date of registration] 16.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

CLAIMS DETAILED DESCRIPTION TECHNICAL FIELD PRIOR ART EFFECT OF THE INVENTION
TECHNICAL PROBLEM MEANS OPERATION DESCRIPTION OF DRAWINGS DRAWINGS

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The manufacture approach of the structure for electric conduction characterized by carrying out friction stirring junction of two or more aluminum alloy members, and assembling in a need configuration.

[Claim 2] The manufacture approach of the structure for electric conduction characterized by carrying out friction stirring junction of the aluminum alloy member more than 55% of conductivity IACS at the time of an activity with a dissimilar material or an ingredient of the same kind, and assembling in a need configuration.

[Claim 3] The manufacture approach of the structure for electric conduction according to claim 2 which uses a precipitation-hardening mold aluminum alloy as an aluminum alloy member more than 55% of conductivity IACS at the time of an activity, and performs aging treatment after friction stirring junction.

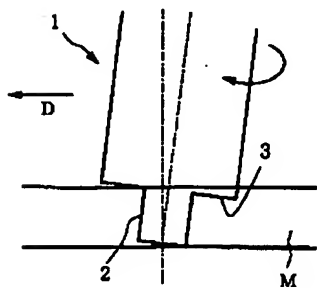
[Claim 4] The manufacture approach of the structure for electric conduction according to claim 3 which cools a 400-300-degree C temperature region the above rate by 20-degree-C/after carrying out friction stirring junction of the precipitation-hardening mold aluminum alloy member.

[Claim 5] Cathode for nonferrous metal electrolytic deposition which manufactured by which the approach according to claim 1 to 4.

[Claim 6] Cathode for nonferrous metal electrolytic deposition where friction stirring junction of the hook of the plate made from a 1000 system aluminium alloy and the product made from a 6000 system aluminium alloy is carried out at Bar made from a 6000 system aluminium alloy.

[Claim 7] The zinc electrolytic decomposition process performed using the cathode for nonferrous metal electrolytic deposition according to claim 5 or 6.

[Translation done.]



[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention joins an aluminium alloy, without reducing conductivity, and relates to the approach of manufacturing the structures for electric conduction, such as busbar, nonferrous cathode for electrolytic deposition, and a fixture for anodic oxidation.

[0002]

[Description of the Prior Art] The aluminum alloy of 6000 systems is used for the application which needs a 1000 system aluminum alloy with high conductivity, and reinforcement as a member aluminum ingredient for electric conduction. Generally these aluminum alloys are joined by TIG arc welding, MIG welding, etc. which used filler metal. the aluminum alloy filler metal of 1000 systems -- using -- a 6000 system aluminum alloy -- mutual -- or if a 6000 system aluminum alloy and a 1000 system aluminum alloy are welded, it will be easy to generate weld cracking. Moreover, in melting welding of TIG, MIG, etc., it is not avoided that a detailed blowhole and a HIKE blow hole occur in a joint. It not only reduces reinforcement, but for the application put to corrosive environment, since an electrolyte collects on the crack section etc., defects, such as weld cracking, become the cause of promoting the corrosion on the basis of the crack section etc. If Myst generated from the electrolytic bath specifically collects on the crack section etc. in case electrolytic refining of the zinc etc. is carried out, corrosion will be accelerated remarkably. Therefore, although the aluminum alloy of 4043 and 5356 grades is used for welding of this kind of aluminum alloy as a filler metal, it is the actual condition updated according to progress of corrosion.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since a weld zone serves as a presentation with which the component of a base material and filler metal was mixed, it becomes the property in which it is influenced by a base material and filler metal. Even if it uses aluminum alloys suitable for the application as which this point and conductivity are required, such as 1000 systems and 6000 systems, since the aluminum alloy of 4043 and 5356 grades with low conductivity is used in the cases, such as TIG arc welding and MIG welding, conductivity lowering of a weld zone is not avoided. By being thought out that such a problem should be solved and joining an aluminum alloy by friction stirring junction, this invention makes unnecessary the activity of the filler metal which causes decline in conductivity, and aims at maintaining good conductivity, reinforcement, and corrosion resistance also after junction.

[0004]

[Means for Solving the Problem] This invention is characterized by carrying out friction stirring junction of two or more aluminum alloy members, and assembling to the structure for electric conduction of a need configuration in order to attain the object. As an aluminum alloy member, the aluminum alloy which is 55% more than of conductivity IACS is desirable at the time of the activity as the structure for electric conduction, and a precipitation-hardening mold aluminum alloy is used for the part to which the aluminum alloy of 1000 systems and reinforcement are required of the part to which reinforcement is not demanded at it. When carrying out friction stirring junction of the precipitation-hardening mold aluminum alloy, it is desirable to give reinforcement by the aging treatment after friction stirring junction. Moreover, it is desirable to cool a 400-300-degree C temperature region the above rate by 20-degree-C/in the temperature fall process after friction stirring junction. As the structure for electric conduction, there are cathode for nonferrous metal electrolytic deposition, a fixture for nonferrous metal anodization, busbar, etc. For example, the cathode for nonferrous metal electrolytic deposition is assembled by the bar made from a 6000 system aluminium alloy by carrying out friction stirring junction of the hook of the plate made from a 1000 system aluminium alloy, and the product made from a 6000 system aluminium alloy.

[0005]

[Function] In friction stirring junction, as shown in drawing 1 , inserted the pin 2 of the revolution tool 1 in the abutting surface of a jointed member M, and it was made to move along with a matching line, rotating the revolution tool 1, and

the jointed member M is joined by carrying out plastic flow of the about one revolution tool metal. In addition, in order to secure the metal of sufficient amount for junction of a jointed member M, the shoulder 3 of the revolution tool 1 is stuffed into the jointed member M a little. Since there is no mixed specification and the metal of a jointed member M is mixed, the joint formed by friction stirring junction presents the almost same property as the jointed member M before junction. Moreover, since it is solid phase diffusion welding theoretically, the defect of a blowhole, a HIKE blow hole, etc. does not occur in a joint. Therefore, unlike melting welding of TIG arc welding, MIG welding, etc., the conductivity of a joint does not fall. This invention utilizes this advantage and is manufacturing the structure for electric conduction by friction stirring junction.

[0006] As a jointed member M, the 1000 system aluminum alloy which is an ingredient more than 55% of conductivity IACS, 6063 alloys, 6101 alloys, etc. are used after refining for reservation of current efficiency, and the exoergic prevention by the Joule's heat. A 1000 system alloy is used for the plate of the cathode for nonferrous metal electrolytic deposition where reinforcement is not demanded so much, busbar, etc. Aluminum alloys, such as 6063 alloys and 6101 alloys, are the ingredients strengthened by the deposit of Mg_2Si and $CuAl_2$ grade, and are used as members, such as a bar of the nonferrous cathode for electrolytic deposition and a hook, and a fixture for nonferrous metal anodic oxidation.

[0007] In electrolytic winning which deposits the metal ion in a sulfuric-acid acidic solution in cathode using an insoluble anode, aluminum is usually used as cathode for a deposit. For example, in zincky electrolytic winning, the zinciferous sulfuric-acid nature electrolytic solution obtained by purifying and liquid adjusting is led to a cell, and it electrolyzes between an aluminum negative plate and an argentiferous lead anode plate (insoluble anode) so that it may be suitable for zinc electrolysis in the decoction which exuded and obtained roasted ore with the sulfuric acid, and zinc is deposited on the negative plate front face. On a negative plate, a negative plate is pulled up from a cell in the phase in which zinc deposited in thickness of about 2-3mm, a tabular zinc plate is mechanically exfoliated from a negative plate, and zinc is extracted. The negative plate with which zinc exfoliated is again returned to a cell. Since conductivity is high and the corrosion resistance of a joint is [the electrical efficiency at the time of zinc electrolytic deposition is good and] good when the cathode for nonferrous metal electrolytic deposition of this invention is used for this approach, the life of a fixture is long, and the activity loss accompanying the maintenance of a fixture decreases.

[0008] A jointed member M may carry out temperature up at the time of friction stirring junction, and the alloy content contained in the jointed member M may dissolve to aluminum matrix. Generally as for a jointed member M, conductivity falls by dissolution of an alloy content. The lowered conductivity is recovered by performing aging treatment which deposits an alloy content after friction stirring junction. After carrying out friction stirring junction of the member which performed aging treatment in the case of a precipitation-hardening mold aluminum alloy, when aging treatment is performed further, it may become overaging and member reinforcement may fall. Then, the member with which are satisfied of the both sides of conductivity and reinforcement is obtained by carrying out friction stirring junction of the member before aging treatment, and subsequently performing aging treatment.

[0009] If the aluminum alloy of a precipitation-hardening mold is annealed in the temperature fall process after friction stirring junction, an alloy content will deposit as a sludge which is not effective in the improvement in on the strength, and lowering on the strength will be caused. In such a case, the deposit of an alloy content is controlled by quenching the precipitation-hardening mold aluminum alloy by which friction stirring junction was carried out after friction stirring junction. Especially, it is desirable to cool a 400-300-degree C temperature region with the above cooling rate by 20-degree-C/. By 20-degree-C/, with the cooling rate of the following, it is easy to produce a big and rough sludge in a cooling process, and reinforcement cannot be raised by subsequent aging treatment, either.

[0010] The welding structure cooled under the conditions which controlled the deposit of an alloy content contains the alloy content used as the supply source of Mg_2Si effective in the improvement in on the strength, and $CuAl_2$ grade in the state of dissolution. Therefore, need reinforcement is given by carrying out aging treatment of this welding structure, and depositing Mg_2Si and $CuAl_2$ grade. Moreover, since the alloy content which is dissolving deposits by aging treatment, conductivity also improves. Specifically, reinforcement and conductivity improve by heating the welding structure at 180-220 degrees C for 1.5 to 10 hours. If temperature and time amount are less than a lower limit, a deposit will become imperfection and reinforcement and conductivity will fall. It becomes cost high although it may be satisfied with whenever [stoving temperature / of 180 degrees C or less] of reinforcement and conductivity with long duration aging. Conversely, in long duration heating exceeding whenever [exceeding 220 degrees C / stoving temperature], or 10 hours, it becomes overaging and reinforcement falls on the contrary.

[0011] As the welding structure assembled by friction stirring junction, there is cathode for nonferrous metal electrolytic deposition, for example. The cathode for nonferrous metal electrolytic deposition fixed the cathode plate 4 immersed in the electrolytic solution to the head bar 5, as shown in drawing 2, and it has attached the hook 6 in the head bar 5. Although reinforcement is required since the head bar 5 and hook 6 hang the cathode plate 4 in a cell, reinforcement is not required so much of the cathode plate 4. Then, the 1000 system aluminum alloy containing

aluminum more than 99.0 mass % is used for the cathode plate 4, and aluminum content uses the 6000 system aluminum alloy of 6063 and 6010 grades for the head bar 5 and hook 6 above 97.50 mass %, and carries out friction stirring junction of the cathode plate 4 and the hook 6 at the head bar 5. Good conductivity is maintained from the joint formed by friction stirring junction having the presentation with which the metal of 1000 systems and 6000 systems was mixed, and clearances which a corrosion acceleration object enters, such as a blowhole and a HIKE blow hole, are not formed in a weld zone.

[0012]

[Example 1] It is JIS of 15mm of board thickness before aging treatment after solution treatment. TIG arc welding, MIG welding, and the effect carry out friction stirring junction and according to a difference of welding process were investigated for A6063 aluminum-alloy plate. TIG arc welding -- front flesh-side both sides of the matching section -- V groove of 90 degrees -- forming -- the conditions of 200A-19V, 180A-18V, and 160A-18V -- each of front flesh-side both sides -- it welded with three pass. The speed of travel at this time was set as a part for 300mm/. In MIG welding, V groove of 70 degrees was formed in front flesh-side both sides of the matching section, and it welded by the front flesh-side double-sided two pass on condition that 220A-20V and 220A-20V. The speed of travel at this time was set as a part for 500mm/. In friction stirring junction, the revolution tool with 20mm of diameters of the shoulder, 8mm [of diameters of a pin], and a pin die length of 7mm was rotated by 1200rpm, and the aluminum alloy plate was joined the rate for 500mm/. The aluminum alloy plate joined by which approach also performed aging treatment which carries out heating maintenance for 3 hours to 190 degrees C.

[0013] Each plate blank test piece was started and the reinforcement of a joint, conductivity, and corrosion resistance were investigated. Conductivity was measured using the eddy current type conductivity meter. Corrosion resistance evaluated the test piece from the corrosion weight loss when being immersed for seven days in the 50-degree C 200 g/l sulfuric-acid water solution. the joint formed by TIG arc welding was alike and inferior to reinforcement, conductivity, and corrosion resistance all so that the results of an investigation of a table 1 might see. In MIG welding which used 1070 aluminum alloys for filler metal, although the joint of the almost same conductivity as a base material was formed, it was inferior to reinforcement and corrosion resistance. Moreover, in MIG welding which used the aluminum alloy of 5356 and 4043 grades for filler metal, decline in conductivity was large and inferior also to reinforcement and corrosion resistance. On the other hand, the joint formed by friction stirring junction was excellent in reinforcement, conductivity, and corrosion resistance all. This is considered to be because for a joint not to have the defect of weld cracking, a blowhole, a HIKE blow hole, etc.

[0014]

表 1 : 溶接方法が接合部に及ぼす影響

接合方法	溶加材	接合強度 N/mm ²	導電率 IACS%	腐食減量 g/m ² ・時
TIG溶接	1070	93	57	4.7
MIG溶接	1070	90	57	4.6
	5356	144	30	4.4
	4043	145	44	4.6
摩擦攪拌接合	なし	214	56	3.7

[0015]

[Example 2] As a jointed member M, 6101 aluminum-alloy ejector-plate material (the thickness of 15mm, board width of 70mm, die length of 500mm) was used. This jointed member M is non-aging treatment material which carried out dice edge hardening after extrusion. The crosswise end face of the ejector-plate material of two sheets was compared, and friction stirring junction of the plane of composition was carried out. As friction stirring junction conditions, the revolution tool 1 of 8mm of diameters and 20mm of diameters of the shoulder equipped with the pin 2 with a die length of 7mm was used, and the revolution tool 1 was moved along with the junction line by part for rotational-speed 1200rpm and passing speed/of 500mm. When the temperature of a joint was measured during friction stirring junction, temperature up was carried out to the highest attainment temperature of 530 degrees C.

[0016] After friction stirring junction, the joint was cooled so that it might become a part for cooling rate/of 30 degrees C in a 400-200-degree C temperature region. As a result of measuring the reinforcement and the conductivity of a joint after cooling, mm, reinforcement showed 2 to be IACS 53%, and conductivity all showed 175Ns /of low values. Moreover, when gazed at the metal texture of a joint [being joined], as compared with the base material section, sludges were decreasing in number clearly. Then, 180-degree C aging treatment was performed to the ejector-plate

material by which friction stirring junction was carried out, and reinforcement and conductivity were recovered. Reinforcement and conductivity rose according to aging treatment time amount so that drawing 3 might see, and they became the value which is not mostly different from the base material section with the aging treatment of about 4 hours. However, by long duration aging exceeding 8 hours, although conductivity rose, it originated in overaging and the inclination of lowering on the strength was seen.

[Example 3] Two kinds of cathode which assembled the hook 6 made from 6101 alloys and the cathode plate 4 of a bar 5 and the product made from 1070 alloys in friction stirring junction and the configuration which carries out MIG welding, and which is shown in drawing 2, respectively was prepared. It was immersed in zinc concentration 55 g/l, sulfuric-acid concentration 185 g/l, and processing liquid of 42 degrees C of bath temperature, two kinds of cathode plates were energized by 600 A/m² for 24 hours, and electrolytic deposition of the zinc was carried out on the cathode plate. The cell voltage when using each cathode, the amount of zinc deposits, and unit electric energy (electric energy required to deposit 1t zinc) are shown in a table 2. When the cathode assembled by friction stirring junction was used so that clearly from a table 2, as compared with the cathode assembled by MIG welding, unit electric energy has been reduced 1 KWH/t.

[0017]

表 2 : 陰極の組立て法が電解条件に及ぼす影響

陰極の組立て法	槽電圧 V	亜鉛析出量 kg/m ²	単位電力量 KWH/トン
摩擦撓拌接合	3.3852	16.2	3009
MIG 溶接	3.3858	16.2	3010

[0018]

[Effect of the Invention] As explained above, this invention utilized the advantage of the friction stirring junction which a contaminant does not mix in a joint, and it has joined the aluminum alloy member for electric conduction, without causing decline in conductivity. Moreover, since a joint without the defect of weld cracking which is seen by TIG arc welding and MIG welding, a blowhole, a HIKE blow hole, etc. is formed, the welding structure excellent also in reinforcement and corrosion resistance is obtained, and it is used as the busbar with which good conductivity is demanded, the cathode for nonferrous metal electrolytic deposition, a fixture for nonferrous metal anodic oxidation, etc.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-307173
(P2002-307173A)

(43) 公開日 平成14年10月22日 (2002. 10. 22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
B 2 3 K 20/12	3 1 0	B 2 3 K 20/12	3 1 0 4 E 0 6 7
C 2 5 C 1/16		C 2 5 C 1/16	A 4 K 0 5 8
7/02	3 0 3	7/02	3 0 3
// B 2 3 K 101:38		B 2 3 K 101:38	
103:10		103:10	
審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 5 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-134408(P2000-134408)

(22) 出願日 平成12年5月8日(2000. 5. 8)

(71) 出願人 000004743

日本軽金属株式会社
東京都品川区東品川二丁目2番20号

(71) 出願人 591094572

秋田製錬株式会社
東京都千代田区丸の内1丁目8番2号

(71) 出願人 000224798

同和鉱業株式会社
東京都千代田区丸の内1丁目8番2号

(74) 代理人 100092392

弁理士 小倉 亘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電用構造体の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 導電率の低下をきたす溶加材の使用を不要とし、接合後にも良好な導電率、強度、耐食性を維持する。

【構成】 導電率55%以上のアルミニウム合金部材を異種材料又は同種材料と摩擦攪拌接合して必要形状の導電用構造体に組み立てる。導電率55%以上のアルミニウム合金部材としては、強度が要求されない部位には1000系のアルミニウム合金、強度が要求される部位には析出硬化型アルミニウム合金が使用される。析出硬化型アルミニウム合金を摩擦攪拌接合する場合、摩擦攪拌接合後の時効処理で強度を付与することが好ましい。また、摩擦攪拌接合後の降温過程で、400～300℃の温度域を20℃/分以上の速度で冷却することが好ましい。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のアルミニウム合金部材を摩擦攪拌接合して必要形状に組み立てることを特徴とする導電用構造体の製造方法。

【請求項2】 使用時の導電率55%IACS以上のアルミニウム合金部材を異種材料又は同種材料と摩擦攪拌接合して必要形状に組み立てることを特徴とする導電用構造体の製造方法。

【請求項3】 使用時の導電率55%IACS以上のアルミニウム合金部材として析出硬化型アルミニウム合金を使用し、摩擦攪拌接合後に時効処理を施す請求項2記載の導電用構造体の製造方法。

【請求項4】 析出硬化型アルミニウム合金部材を摩擦攪拌接合した後、400～300℃の温度域を20℃/分以上の速度で冷却する請求項3記載の導電用構造体の製造方法。

【請求項5】 請求項1～4記載の何れかの方法で製造した非鉄金属電解析出用陰極。

【請求項6】 6000系アルミニウム合金製のバーに1000系アルミニウム合金製のプレート及び6000系アルミニウム合金製のフックが摩擦攪拌接合されている非鉄金属電解析出用陰極。

【請求項7】 請求項5又は6記載の非鉄金属電解析出用陰極を用いて行う亜鉛電解法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、導電率を低下させることなくアルミニウム合金を接合し、ブスバー、非鉄金属の電解析出用陰極、陽極酸化用治具等の導電用構造体を製造する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】導電用部材アルミニウム材料としては、導電率の高い1000系アルミニウム合金、強度を必要とする用途では6000系のアルミニウム合金が使用されている。これらのアルミニウム合金は、一般に溶加材を用いたTIG溶接、MIG溶接等で接合されている。1000系のアルミニウム合金溶加材を用いて6000系アルミニウム合金を相互に、或いは6000系アルミニウム合金と1000系アルミニウム合金とを溶接すると溶接割れが発生しやすい。また、TIG、MIG等の溶融溶接では、微細なブローホールやヒケ巣が接合部に発生することが避けられない。溶接割れ等の欠陥は、強度を低下させるばかりでなく、腐食環境に曝される用途では割れ部等に電解質が溜まるため割れ部等を起点とする腐食を促進させる原因となる。具体的には、亜鉛等を電解精錬する際に電解浴から発生したミストが割れ部等に溜まると、腐食が著しく加速される。そのため、この種のアルミニウム合金の溶接には、4043、5356等のアルミニウム合金が溶加材として使用されているが、腐食の進行に応じて更新している現状である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】溶接部は、母材及び溶加材の成分が混合された組成となることから、母材及び溶加材によって影響される性質になる。この点、導電率が要求される用途に適した1000系、6000系等のアルミニウム合金を使用しても、TIG溶接、MIG溶接等の際に導電率の低い4043や5356等のアルミニウム合金が使用されるため、溶接部の導電率低下が避けられない。本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、摩擦攪拌接合によってアルミニウム合金を接合することにより、導電率の低下をきたす溶加材の使用を不要とし、接合後にも良好な導電率、強度、耐食性を維持することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、その目的を達成するため、複数のアルミニウム合金部材を摩擦攪拌接合して必要形状の導電用構造体に組み立てることを特徴とする。アルミニウム合金部材としては、導電用構造体としての使用時に導電率55%IACS以上であるアルミニウム合金が好ましく、強度が要求されない部位には1000系のアルミニウム合金、強度が要求される部位には析出硬化型アルミニウム合金が使用される。析出硬化型アルミニウム合金を摩擦攪拌接合する場合、摩擦攪拌接合後の時効処理で強度を付与することが好ましい。また、摩擦攪拌接合後の降温過程で、400～300℃の温度域を20℃/分以上の速度で冷却することが好ましい。導電用構造体としては、非鉄金属電解析出用陰極、非鉄金属陽極酸化用治具、ブスバー等がある。たとえば、非鉄金属電解析出用陰極は、6000系アルミニウム合金製のバーに1000系アルミニウム合金製のプレート及び6000系アルミニウム合金製のフックを摩擦攪拌接合することにより組み立てられる。

【0005】

【作用】摩擦攪拌接合では、図1に示すように被接合部材Mの突合せ面に回転ツール1のピン2を挿入し、回転ツール1を回転させながら突合せ線に沿って移動させ、回転ツール1近傍のメタルを塑性流動させることにより被接合部材Mを接合している。なお、被接合部材Mの接合に十分な量のメタルを確保するため、回転ツール1のショルダ3を被接合部材Mに若干押し込んでいる。摩擦攪拌接合で形成された接合部は、異材の混入がなく被接合部材Mのメタルが混合したものであるため、接合前の被接合部材Mとほぼ同じ性質を呈する。また、原理的には固相拡散接合であることから、ブローホール、ヒケ巣等の欠陥が接合部に発生しない。したがって、TIG溶接、MIG溶接等の溶融溶接と異なり、接合部の導電率が低下することはない。本発明は、この長所を活用し摩擦攪拌接合で導電用構造体を製造している。

【0006】被接合部材Mとしては、電流効率の確保及びジュール熱による発熱防止のため調質後に導電率55

%IACS以上の材料である1000系アルミニウム合金、6063合金、6101合金等が使用される。1000系合金は、強度がそれほど要求されない非鉄金属電解析出用陰極のプレート、ブスバー等に使用される。6063合金、6101合金等のアルミニウム合金は、 Mg_2Si 、 $CuAl_2$ 等の析出によって強化された材料であり、非鉄金属の電解析出用陰極のバー及びフック、非鉄金属陽極酸化用治具等の部材として使用される。

【0007】硫酸酸性溶液中の金属イオンを不溶性陽極を用いて陰極に析出させる電解採取では、析出用の陰極としてアルミニウムが通常使用されている。たとえば亜鉛の電解採取では、焙焼鉱を硫酸で浸出して得た浸出液を、亜鉛電解に適するように浄化及び液調整し、得られた含亜鉛硫酸性電解液を電解槽に導き、アルミニウム陰極板と含銀鉛陽極板（不溶性陽極）との間で電解し、陰極板表面に亜鉛を析出させている。陰極板上に2~3mm程度の厚さに亜鉛が析出した段階で電解槽から陰極板を引き上げ、板状の亜鉛板を陰極板から機械的に剥離して亜鉛を採取する。亜鉛が剥離された陰極板は、再び電解槽に戻される。この方法に本発明の非鉄金属電解析出用陰極を使用すると、導電率が高いために亜鉛電解析出時の電気効率がよく、接合部の耐食性がよいので治具の寿命が長く、治具のメンテナンスに伴う作業ロスが低減する。

【0008】摩擦攪拌接合時に被接合部材Mが昇温し、被接合部材Mに含まれている合金成分がA1マトリックスに固溶することがある。被接合部材Mは、合金成分の固溶によって導電率が一般的に低下する。低下した導電率は、合金成分を析出させる時効処理を摩擦攪拌接合後に施すことにより回復する。析出硬化型アルミニウム合金の場合、時効処理を施した部材を摩擦攪拌接合した後、更に時効処理を施すと過時効となり、部材強度が低下することがある。そこで、時効処理前の部材を摩擦攪拌接合し、次いで時効処理を施すことにより、導電率及び強度の双方を満足する部材が得られる。

【0009】析出硬化型のアルミニウム合金を摩擦攪拌接合後の降温過程で徐冷すると、強度向上に有効でない析出物として合金成分が析出し、強度低下を引き起こす。このような場合、摩擦攪拌接合された析出硬化型アルミニウム合金を摩擦攪拌接合後に急冷することにより合金成分の析出を抑制する。なかでも、400~300℃の温度域を20℃/分以上の冷却速度で冷却することが好ましい。20℃/分未満の冷却速度では、冷却過程で粗大な析出物が生じやすく、その後の時効処理によっても強度を向上させることができない。

【0010】合金成分の析出を抑制した条件下で冷却された溶接構造体は、強度向上に有効な Mg_2Si 、 $CuAl_2$ 等の供給源となる合金成分を固溶状態で含んでいる。そのため、この溶接構造体を時効処理して Mg_2Si 、 $CuAl_2$ 等を析出させることにより必要強度が付

与される。また、固溶している合金成分が時効処理によって析出するため、導電率も向上する。具体的には、溶接構造体を180~220℃に1.5~10時間加熱することにより強度及び導電率が向上する。温度・時間ともに下限値を下回ると析出が不十分になり、強度及び導電率が低下する。180℃以下の加熱温度では、長時間時効によって強度及び導電率を満足することもあるが、コスト高になる。逆に220℃を超える加熱温度や10時間を超える長時間加熱では、過時効となって却って強度が低下する。

【0011】摩擦攪拌接合で組み立てられる溶接構造体としては、たとえば非鉄金属電解析出用陰極がある。非鉄金属電解析出用陰極は、図2に示すように電解液に浸漬される陰極プレート4をヘッドバー5に固着し、ヘッドバー5にフック6を取り付けている。ヘッドバー5及びフック6は陰極プレート4を電解槽中に吊り下げることから強度が要求されるが、陰極プレート4にはそれほど強度が要求されない。そこで、99.0質量%以上のA1を含む1000系アルミニウム合金を陰極プレート4に使用し、A1含有量が97.50質量%以上で6063、6010等の6000系アルミニウム合金をヘッドバー5及びフック6に使用し、ヘッドバー5に陰極プレート4及びフック6を摩擦攪拌接合する。摩擦攪拌接合で形成された接合部は、1000系及び6000系のメタルが混じり合った組成をもつことから良好な導電性が維持され、腐食促進物が入り込むブローホール、ヒケ巣等の隙間が溶接部に形成されることもない。

【0012】

【実施例1】溶体化処理後で時効処理前の板厚15mmのJIS A6063アルミニウム合金板材をTIG溶接、MIG溶接及び摩擦攪拌接合し、溶接法の相違による影響を調査した。TIG溶接では、突合せ部の表裏両面に90度のV開先を形成し、200A-19V、180A-18V、160A-18Vの条件で表裏両面それぞれ3パスで溶接した。このときの溶接速度は、300mm/分に設定した。MIG溶接では、突合せ部の表裏両面に70度のV開先を形成し、220A-20V、220A-20Vの条件で表裏両面2パスで溶接した。このときの溶接速度は、500mm/分に設定した。摩擦攪拌接合では、ショルダ径20mm、ピン径8mm、ピン長さ7mmの回転ツールを1200rpmで回転させ、500mm/分の速度でアルミニウム合金板材を接合した。何れの方法で接合されたアルミニウム合金板材も、190℃に3時間加熱保持する時効処理を施した。

【0013】各板材から試験片を切り出し、接合部の強度、導電率及び耐食性を調査した。導電率は、渦電流式導電率計を用いて測定した。耐食性は、50℃の200g/l硫酸水溶液に試験片を7日間浸漬したときの腐食減量から評価した。表1の調査結果にみられるように、TIG溶接で形成した接合部は、強度、導電率、耐食性

の何れにも劣っていた。1070アルミニウム合金を溶加材に使用したMIG溶接では、母材とほぼ同じ導電率の接合部が形成されたものの、強度及び耐食性に劣っていた。また、5356、4043等のアルミニウム合金を溶加材に使用したMIG溶接では、導電率の低下が大きく、強度及び耐食性にも劣っていた。これに対し、*

* 摩擦攪拌接合で形成した接合部は、強度、導電率、耐食性の何れにも優れていた。これは、接合部に溶接割れ、ブローホール、ヒケ巣等の欠陥がないことによるものと考えられる。

【0014】

表1：溶接方法が接合部に及ぼす影響

接合方法	溶加材	接合強度 N/mm ²	導電率 IACS%	腐食減量 g/m ² ・時
TIG溶接	1070	93	57	4.7
MIG溶接	1070	90	57	4.6
	5356	144	80	4.4
	4043	145	44	4.6
	なし	214	56	3.7

【0015】

【実施例2】被接合部材Mとして、6101アルミニウム合金押出板材（厚み15mm、板幅70mm、長さ500mm）を使用した。この被接合部材Mは、押出後にダイス端焼入れした未時効処理材である。2枚の押出板材の幅方向端面を突き合わせ、接合面を摩擦攪拌接合した。摩擦攪拌接合条件としては、径8mm、長さ7mmのピン2を備えたショルダ径20mmの回転ツール1を使用し、回転速度1200rpm、移動速度500mm/分で回転ツール1を接合線に沿って移動させた。摩擦攪拌接合中に接合部の温度を測定したところ、最高到達温度530℃まで昇温していた。

【0016】摩擦攪拌接合後、接合部を400～200℃の温度域で冷却速度30℃/分となるように冷却した。冷却後に接合部の強度及び導電率を測定した結果、強度が175N/mm²、導電率が53%IACSと何れも低い値を示した。また、接合されたままの接合部の金属組織を観察したところ、母材部に比較して析出物が明らかに減少していた。そこで、摩擦攪拌接合された押※

※出板材に180℃の時効処理を施し、強度及び導電率を回復させた。強度及び導電率は、図3にみられるように時効処理時間に応じて上昇し、4時間程度の時効処理によってほぼ母材部と変わらない値となった。しかし、8時間を超える長時間時効では、導電率は上昇するものの、過時効に起因して強度低下の傾向がみられた。

【実施例3】6101合金製のフック6及びバー5と1070合金製の陰極プレート4をそれぞれ摩擦攪拌接合及びMIG溶接し、図2に示す形状に組み立てた陰極を2種類用意した。2種類の陰極プレートを亜鉛濃度55g/l、硫酸濃度185g/l、浴温42℃の処理液に浸漬し、600A/m²で24時間通電して陰極プレート上に亜鉛を電解析出させた。各陰極を使用したときの槽電圧、亜鉛析出量、単位電力量（1トンの亜鉛を析出させるのに必要な電力量）を表2に示す。表2から明らかなように、摩擦攪拌接合で組み立てた陰極を使用した場合には、MIG溶接で組み立てた陰極に比較して単位電力量を1KWH/トン削減できた。

【0017】

表2：陰極の組立て法が電解条件に及ぼす影響

陰極の組立て法	槽電圧 V	亜鉛析出量 kg/m ²	単位電力量 KWH/トン
摩擦攪拌接合	3.3852	16.2	3009
MIG溶接	3.3858	16.2	3010

【0018】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明は、接合部に異材が混入しない摩擦攪拌接合の長所を活用し、導電率の低下を来すことなく導電用アルミニウム合金部材を接合している。また、TIG溶接、MIG溶接にみられるような溶接割れ、ブローホール、ヒケ巣等の欠陥がない接合部が形成されるため、強度及び耐食性にも優れ★50

★た溶接構造体を得られ、良好な導電率が要求されるプスバー、非鉄金属電解析出用陰極、非鉄金属陽極酸化用治具等として使用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】 摩擦攪拌接合法の説明図

【図2】 本発明が提供される非鉄金属電解析出用陰極

【図3】 摩擦攪拌接合で形成した接合部の強度及び導

電率が時効処理により回復されることを表したグラフ

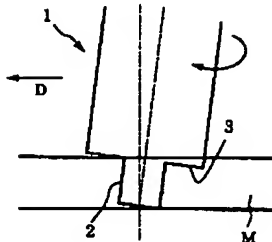
陰極プレート 5:ヘッドバー 6:フック

【符号の説明】

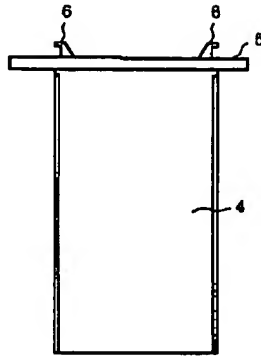
M:被接合部材

1:回転ツール 2:ピン 3:ショルダ 4:

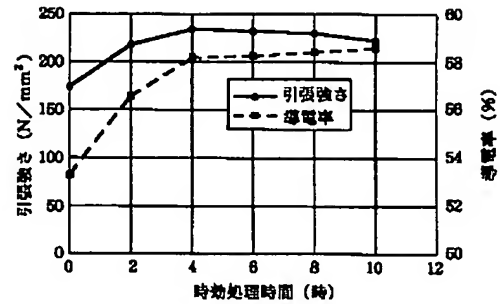
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 久司
静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号
日本軽金属株式会社グループ技術センター
内
(72)発明者 牧田 慎也
静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号
日本軽金属株式会社グループ技術センター
内
(72)発明者 熊井 雅章
新潟県新潟市太郎代1572-19 日本軽金属
株式会社新潟工場内

(72)発明者 前泊 春二
新潟県新潟市太郎代1572-19 日本軽金属
株式会社新潟工場内
(72)発明者 石津 幸郎
新潟県新潟市太郎代1572-19 日本軽金属
株式会社新潟工場内
(72)発明者 富樫 林太郎
東京都千代田区丸の内一丁目8番2号 秋
田製錬株式会社内
(72)発明者 福田 健作
東京都千代田区丸の内一丁目8番2号 秋
田製錬株式会社内

Fターム(参考) 4E067 AA05 BG00 DC06 DD01 EA04
4K058 AA30 BA25 BB04 CA04 CA13
EB02 EB15 ED04 FA08